

Politechnika Wrocławska

Wydział Elektroniki, Fotoniki i Mikrosystemów

KIERUNEK: Automatyka i Robotyka (AIR)
SPECJALNOŚĆ: Robotyka (ARR)

PRACA DYPLOMOWA INŻYNIERSKA

TYTUŁ PRACY:
Dalmierz ultradźwiękowy z mikrofonami
MEMS

AUTOR:
Krystian Mirek

PROMOTOR:
Dr inż. Bogdan Kreczmer,
Katedra Cybernetyki i Robotyki

Robert Muszyński, Roberto Orozco
Wrocław 2022



Szablon jest dostępny na licencji Creative Commons: *Uznanie autorstwa-Na tych samych warunkach 4.0 Polska*

Utwór udostępniany na licencji Creative Commons: uznanie autorstwa, na tych samych warunkach. Udziela się zezwolenia do kopiowania, rozpowszechniania i/lub modyfikacji treści utworu zgodnie z zasadami w/w licencji opublikowanej przez Creative Commons. Licencja wymaga podania oryginalnego autora utworu, a dystrybucja materiałów pochodnych może odbywać się tylko na tych samych warunkach (nie można zastrzec, w jakikolwiek sposób ograniczyć, ani rozszerzyć praw do nich). Tekst licencji jest dostępny pod adresem: <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/legalcode.pl>. Podczas redakcji pracy dyplomowej notkę tę można usunąć, licencja dotyczy bowiem zredagowanego opisu, a nie samego latechowego szablonu. Szablon można wykorzystywać bez wzmiankowania o jego autorze.

Spis treści

1	Wstęp	3
1.1	Zasada działania	3
1.2	Zastosowanie	3
1.3	Komercyjne rozwiązania	3
2	Cel i założenia	4
3	Przegląd czujników ultradźwiękowych	5
4	Analiza problemu	6
5	Specyfikacja realizacji sonaru ultradźwiękowego	7
6	Projekt konstrukcji sonaru oraz protokoły komunikacji	8
6.1	Komunikacja	8
6.1.1	Wybór protokołu	8
6.1.2	Komputer → sonar	8
6.1.3	Sonar → komputer	9
6.2	Elektronika	9
6.2.1	Zasilanie	9
6.2.2	Część nadawcza	9
6.2.3	Część odbiorcza	9
6.2.4	Symulacja części odbiorczej	9
7	Realizacja sonaru ultradźwiękowego	11
8	Testy i eksperymenty	12
9	Podsumowanie i wnioski	13
	Literatura	14
	Spis rysunków	15
A	Schematy i noty katalogowe	16

Rozdział 1

Wstęp

Celem rozdziału jest zaprezentowanie podstawowych informacji dotyczących dalmierzy ultradźwiękowych, zasady działania i ich zastosowania w przemyśle, nauce oraz życiu codziennym. Ma on również za zadanie przybliżyć rozwinięcia skrótów powszechnie używanych w tej dziedzinie.

1.1 Zasada działania

1.2 Zastosowanie

1.3 Komercyjne rozwiązania

Rozdział 2

Cel i założenia

Popularne dalmierze ultradźwiękowe wykorzystują przetworniki piezoelektryczne jako nadajniki i odbiorniki. Ich średnice wahają się w granicach od 10mm do 20mm. W przypadku prostych dalmierzy, gdy wyznaczana jest tylko odległość do obiektu, ich rozmiar nie jest krytyczny. Jednak w konstrukcjach sonarów ultradźwiękowych, które mają wyznaczyć również kierunek przylotu sygnału, rozmiar ten jest istotny. Jeżeli kierunek przylotu jest wyznaczany w oparciu o przesunięcie fazy odbieranego sygnału, wzajemna odległość odbiorników nie powinna przekraczać pół długości fali emitowanego sygnału. Wykorzystywane powszechnie przetworniki ultradźwiękowe pracują z częstotliwością 40kHz. Pół długości fali akustycznej w powietrzu dla tej częstotliwości to ok. 4,3mm. Drugim warunkiem stosowalności tego podejścia jest to, aby odbiorniki sygnału można było modelować jako punkty materialne. Od strony technicznej oznacza to, że apertury tych odbiorników powinny być możliwe małe w stosunku do długości fali. Kryteriów tych nie spełniają popularne odbiorniki piezoelektryczne.

Celem niniejszej pracy jest konstrukcja sonaru pozwalającego wyznaczyć odległość do miejsca odbicia sygnału oraz kierunku nadejścia sygnału. Pozwalać ma to tym samym na precyzyjną lokalizację obiektu. Zakłada się, że źródłem sygnału będzie przetwornik piezoelektryczny pracujący z częstotliwością 40kHz. Wyznaczanie kierunku przylotu ma zostać zrealizowane w oparciu o przesunięcie fazy odbieranego sygnału. Chcąc spełnić opisane powyżej warunki, jako odbiorniki zostaną zastosowane 3 mikrofony analogowe produkowane w technologii MEMS. Sonar powinien udostępniać komunikację poprzez interfejs USB. Dostępna powinna być też możliwość konfiguracji jego pracy, tzn. ilość pobudzeń generujących emitowany sygnał oraz czas opóźnienia przejścia w tryb odbioru. W ramach niniejsze pracy należy też zrealizować podstawowe oprogramowanie dla komputera typu PC, które pozwoli sterować sonarem, wykonać niezbędne pomiary oraz obliczenia. Dysponując tym oprogramowaniem należy przeprowadzić serię eksperymentów, które pozwolą zbadać i zweryfikować podstawowe własności sonaru. Ponadto oprogramowanie mikrokontrolera należy zdokumentować w systemie doxygen.

Rozdział 3

Przegląd czujników ultradźwiękowych

Proszę opisać kilka wybranych, możliwie reprezentatywnych dalmierzy ultradźwiękowych.

przetworniki

gotowe dalmierze

Rozdział 4

Analiza problemu

W tym rozdziale trzeba bardziej szczegółowo opisać jak chce Pan zrealizować cele sformułowane w rozdziale 2. Jakie będą konsekwencje i ewentualne wyzwania techniczne związane z przyjętą strategią. Jaka ogólnie ma być komunikacja z komputerem, tzn. czy to ma być tryb pytanie-odpowiedź, czy ciągłe przesyłanie danych. Czy być może jakiś tryb mieszany. Jaką chce Pan przyjąć formę przetwarzania danych i dlaczego. itd. itd.

Rozdział 5

Specyfikacja realizacji sonaru ultradźwiękowego

W tej części trzeba podać jakie będą udostępniane funkcjonalności, jak mają być realizowane pomiary, jakie polecenia będzie można przysyłać do urządzenia, przewidywane parametry, np. częstość powtórzeń pomiarów, zakres zmiany ilości sygnałów pobudzenia, zakres zmian wypełnienia impulsów itp.

Rozdział 6

Projekt konstrukcji sonaru oraz protokoły komunikacji

Tutaj powinien być opis części mechanicznej, schematy elektroniczne, opis protokołu komunikacji wraz z opisem implementacji (w protokole) listy poleceń. Opis funkcjonalności, które będą oferowane przez aplikację oraz sposób przetwarzania danych pomiarowych i ich reprezentacji.

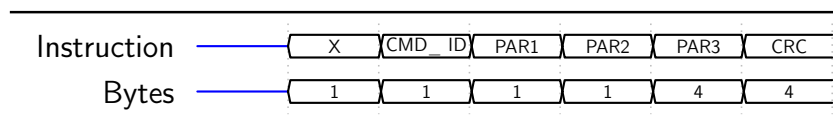
6.1 Komunikacja

6.1.1 Wybór protokołu

Wybrany został protokół UART, ze względu na to, że płytki deweloperska STM32 NUCLEO-L476RG z której skorzystano w projekcie posiada wbudowany konwerter UART→USB, co pozwala na skomunikowanie mikrokontrolera z komputerem bez dodatkowego sprzętu.

6.1.2 Komputer → sonar

Użytkownik systemu może wysłać z komputera instrukcję do wywołania całej sekwencji działania urządzenia. Ramka danych zaczyna się znakiem specjalnym ułatwiającym rozpoznanie wiadomości, następnie musi zostać podany numer komendy informujący sonar jaką czynność powinien wykonać, parametry określające warunki tej czynności, a na koniec suma kontrolna wiadomości.

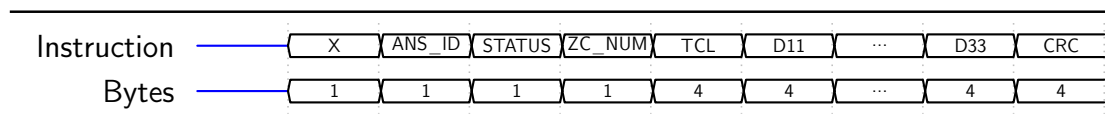


Rysunek 6.1 Ramka danych przychodzących

zrobić ładniejszą ramkę

6.1.3 Sonar → komputer

Sonar w odpowiedzi na instrukcję wysyła ramkę danych która również zaczyna się znakiem specjalnym, następnie podawany jest numer komendy na którą sonar odpowiada, status wykonania, dane pomiarowe oraz suma kontrolna.



Rysunek 6.2 Ramka danych wychodzących

zrobić ładniejszą ramkę

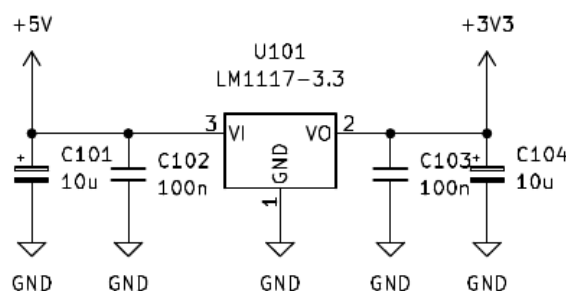
6.2 Elektronika

Projekt bazuje na autorskiej płytce z obwodem drukowanym, który został zaprojektowany przy pomocy otwartoźródłowego narzędzia do projektowania elektroniki „KiCad” [KiC].

6.2.1 Zasilanie

Całe urządzenie zasilane jest z portu USB komputera, które jednocześnie służy do komunikacji. Przewód jest podłączony bezpośrednio do płytki deweloperskiej Nucleo, a zaprojektowane na cele pracy dyplomowej PCB*, jest podłączone do Nucleo w formie „shieldu” poprzez listwy kołkowe. Mimo, że płytka deweloperska posiada wyprowadzenia zarówno 5V jak i 3.3V, które potrzebowałem, postanowiłem zaimplementować układ stabilizacji w celu lepszej izolacji zasilania układów analogowych od cyfrowych co powinno przełożyć się na mniejsze zakłócenia.

pokazać jak wygląda shield



Rysunek 6.3 Stabilizator napięcia

6.2.2 Część nadawcza

6.2.3 Część odbiorcza

6.2.4 Symulacja części odbiorczej

*Printed Circuit Board ang. Płytką obwodu drukowanego

Rozdział 7

Realizacja sonaru ultradźwiękowego

Opis wykonanego urządzenia, zdjęcia. Przykłady realizacji komunikacji z urządzeniem.

Rozdział 8

Testy i eksperymenty

Opis zrealizowanych eksperymentów, które demonstrują najważniejsze cechy urządzenia i czujnika.

Rozdział 9

Podsumowanie i wnioski

Ten rozdział pisze się jako przedostatni. Ostatnim jest "Wstęp"

Literatura

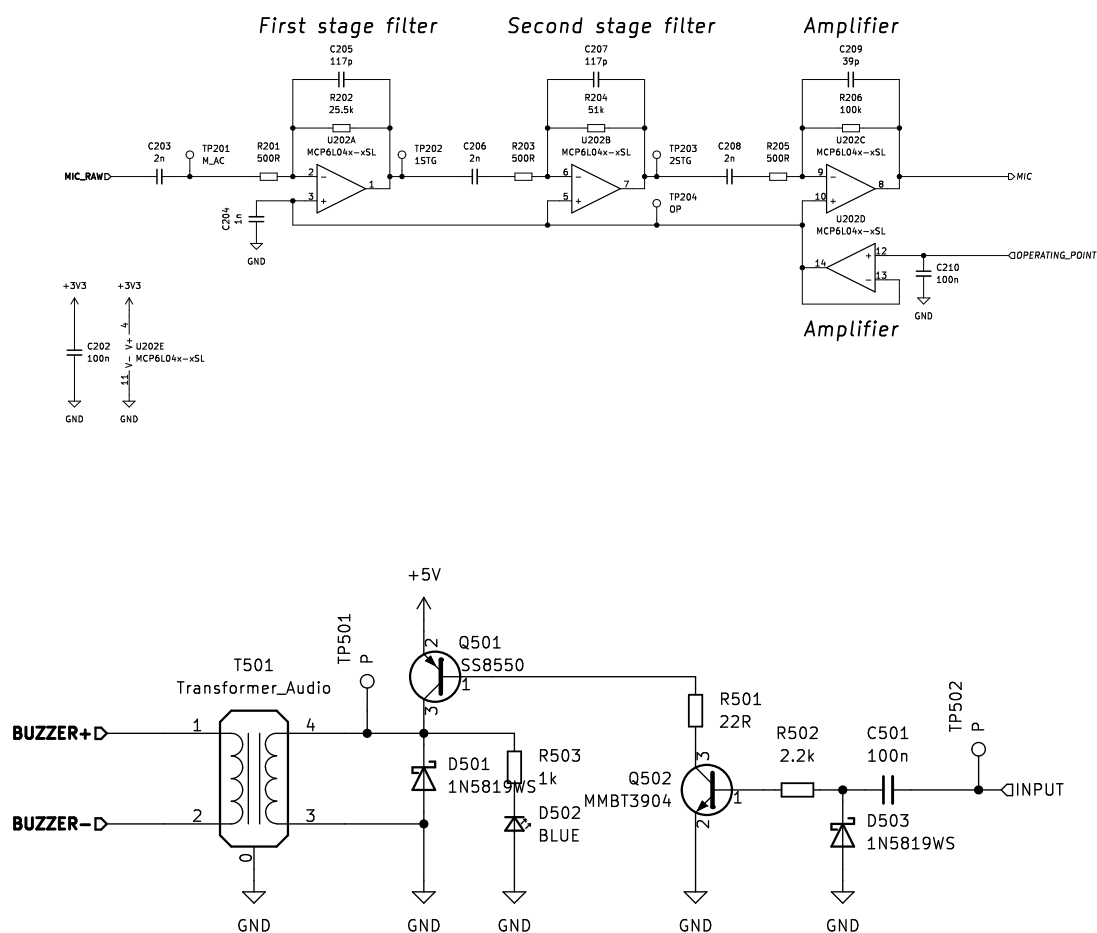
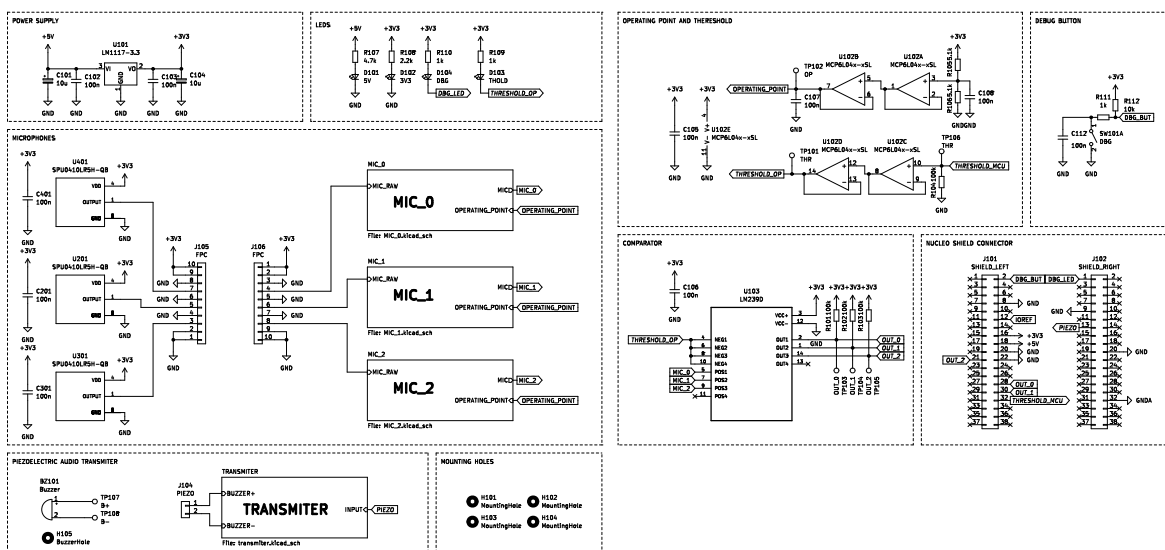
[KiC] kicad. <https://www.kicad.org/>.

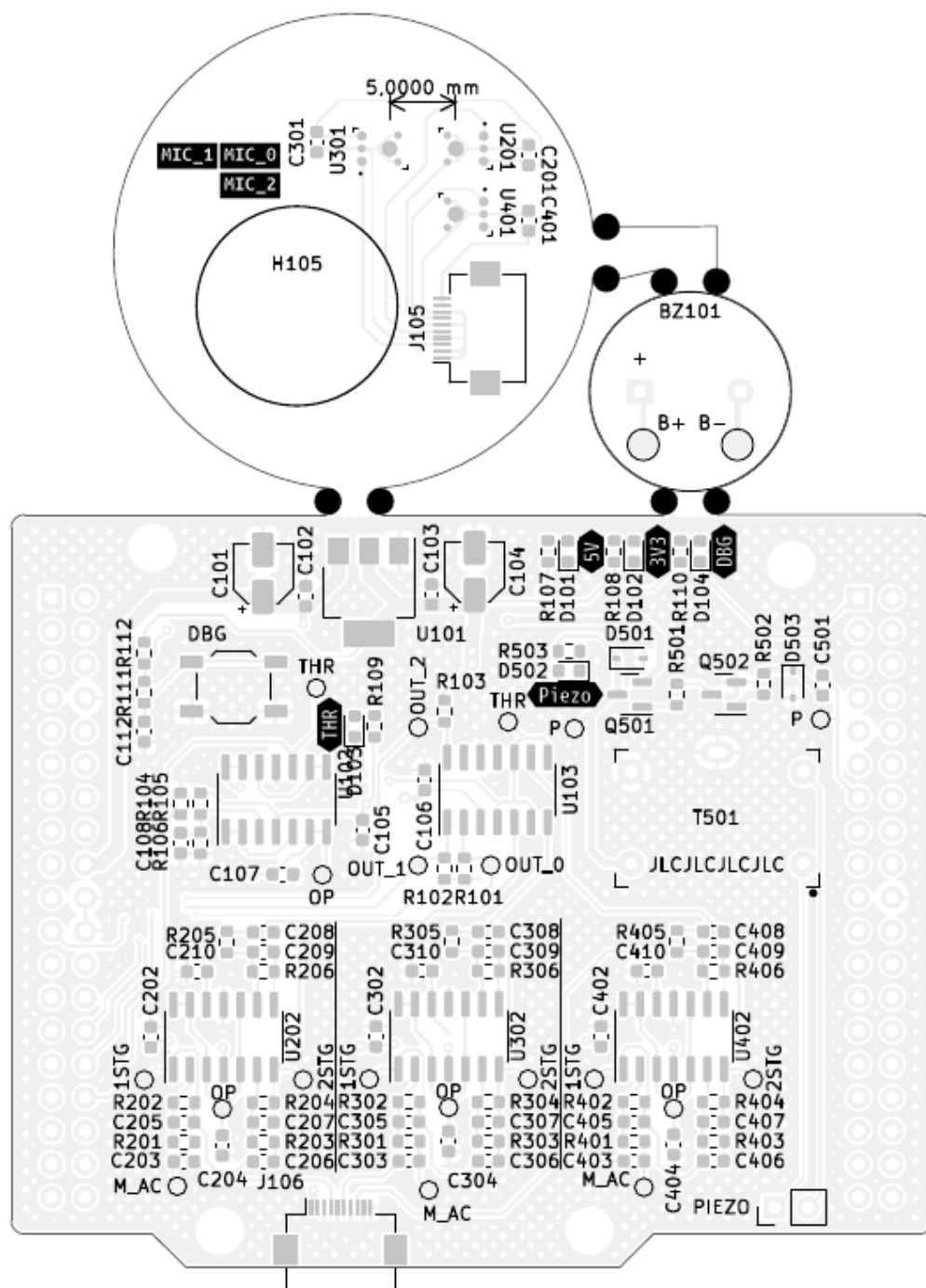
Spis rysunków

6.1	Ramka danych przychodzących	8
6.2	Ramka danych wychodzących	9
6.3	Stabilizator napięcia	9
6.4	Wzmacniacz sygnału nadajnika piezoelektrycznego	10

Dodatek A

Schematy i noty katalogowe





Do zrobienia

przetworniki	5
gotowe dalmierze	5
zrobić ładniejszą ramkę	8
zrobić ładniejszą ramkę	9
pokazać jak wygląda shield	9